

Mise en situation

Dans les années 1900, Marseille voit ses savonneries fermer les unes après les autres en raison de l'arrivée massive des lessives.

La Savonnerie le Sérail fut créé en 1949 afin de perpétuer le savoir-faire et la tradition du véritable savon de Marseille. Aujourd'hui l'entreprise exporte beaucoup dans le monde. La Savonnerie Le Sérail a sélectionné une cinquantaine de parfums différents afin de proposer une gamme étendue à l'ensemble de sa clientèle.



Ces savons de toilette contenant des éléments broyés tels que le pétale de rose ou bien la fleur de lavande, sont découpés en cube avec la même machine.

Problématique



Étant une entreprise de savonnerie traditionnelle, l'entreprise le Sérail utilise des procédés de découpe et des machines qui ont su montrer une bonne rentabilité mais qui n'ont pas été modernisées. C'est le cas de la machine de découpe de savons, actuellement utilisée par 2 opérateurs.

Par son ancienneté, cette machine présente des problèmes non négligeables :



- Problème de mise aux normes de sécurité (zone de découpe totalement à découvert pour les opérateurs).
- Utilisation d'un poussoir par type de savon (6 poussoirs, perte de temps).
- Rupture des fils de coupe présentant un défaut de résistance.

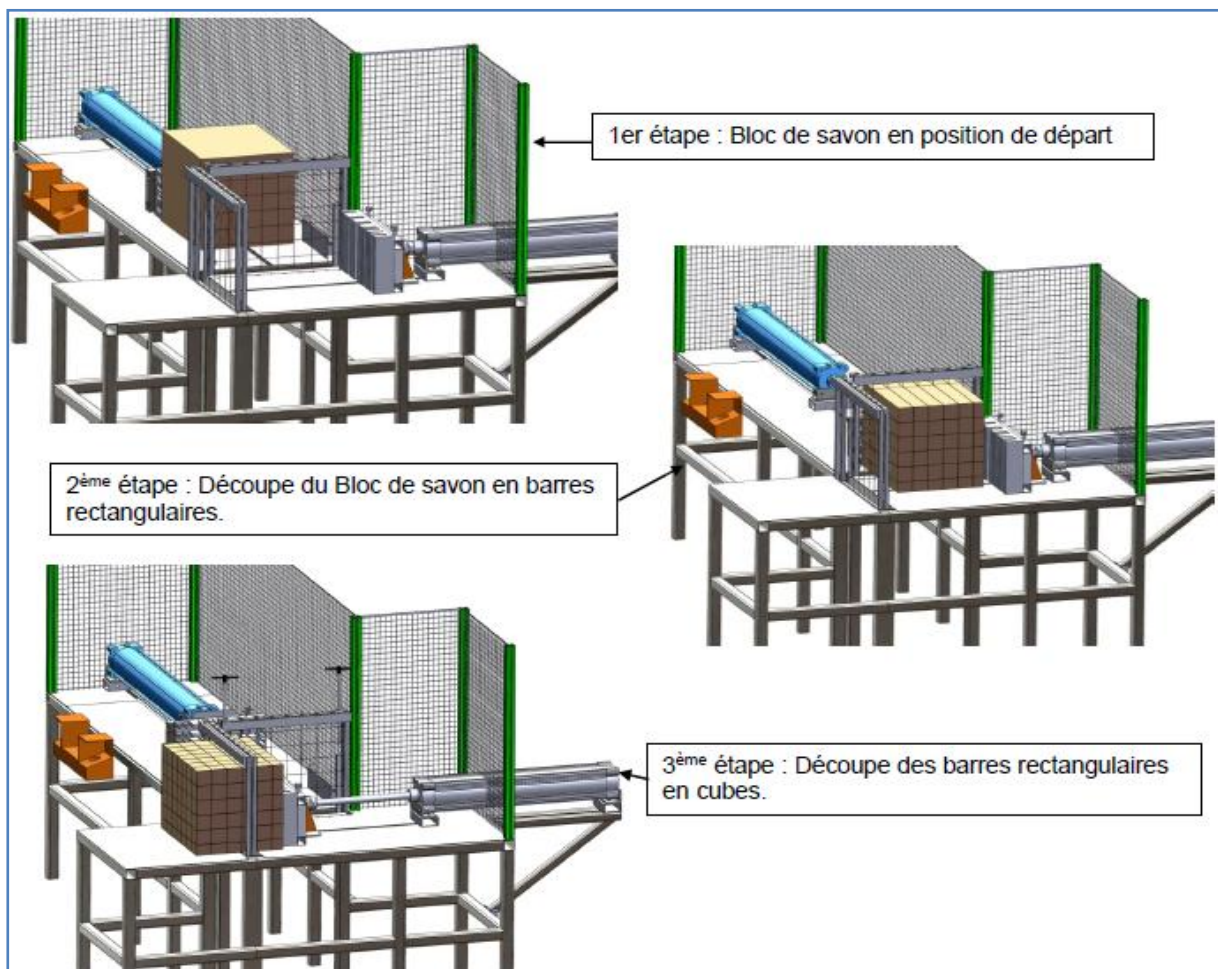
Le bloc de savon brut est poussé à travers un premier cadre grillagé équipé de fils de coupe afin de découper le bloc de savon brut en barres puis, à travers un second cadre grillagé pour obtenir des cubes de savon.

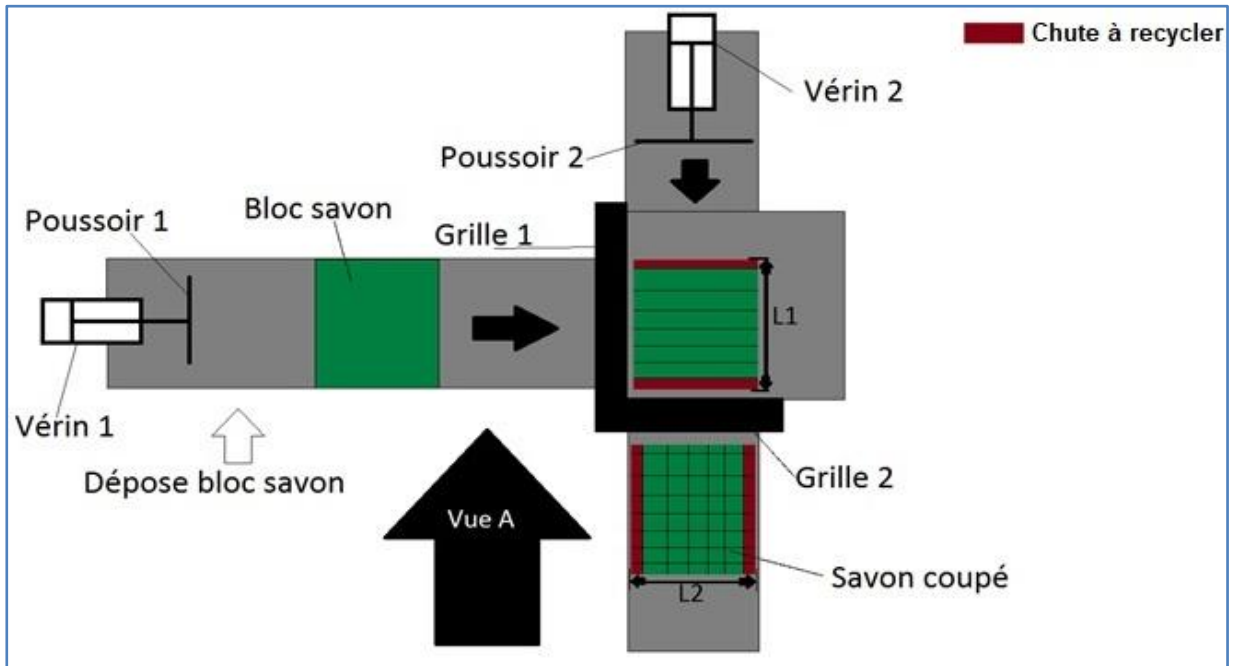
L'objectif de l'étude est de vérifier la conception d'une machine semi-automatisée présentant un système de découpe qui assure la fonction principale de la découpe de savon et qui répond aussi aux normes de sécurité.

Extrait du cahier des charges de la nouvelle machine

Avec la nouvelle machine, le processus de découpe du bloc de savon se fera toujours en 2 étapes à la différence que :

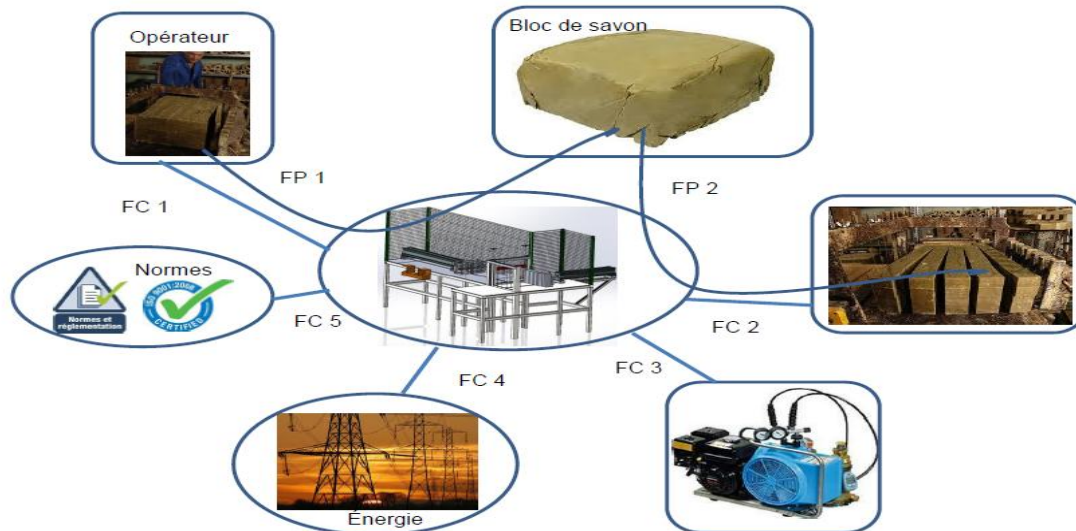
- Le système de poussée ne sera plus équipé d'un système pignon-crémaillère mais de vérins pneumatiques.
- Les pousoirs sont limités à 2 pour les 6 tailles de savon.
- Le diamètre des fils est de 1,5 mm, on augmente leur résistance à la rupture par un changement de matériau et on double les cadres de manière à ne pas arrêter la production en cas de casse d'un fil.
- L'énergie pneumatique sera utilisée par l'atelier de découpe. La nouvelle machine sera alimentée par une pression de 6 bars soit 0,6 MPa.
- La masse des blocs de savon est de 80kg. Les dimensions maximales des blocs sont 500 mm x 400 mm x 350 mm.
- La coupe du bloc de savon doit se faire dans une zone à **vitesse constante** pour éviter des irrégularités d'état de surface des savons.





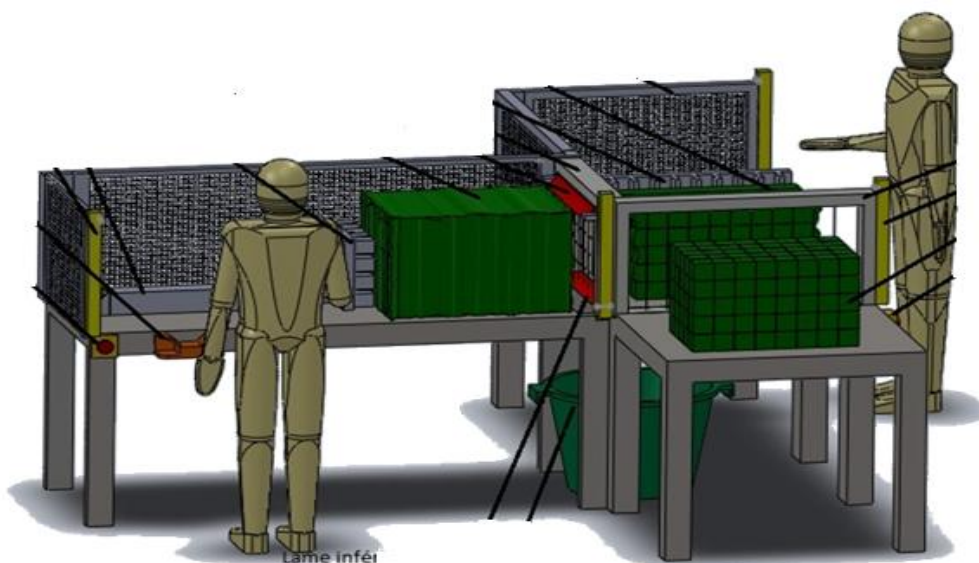
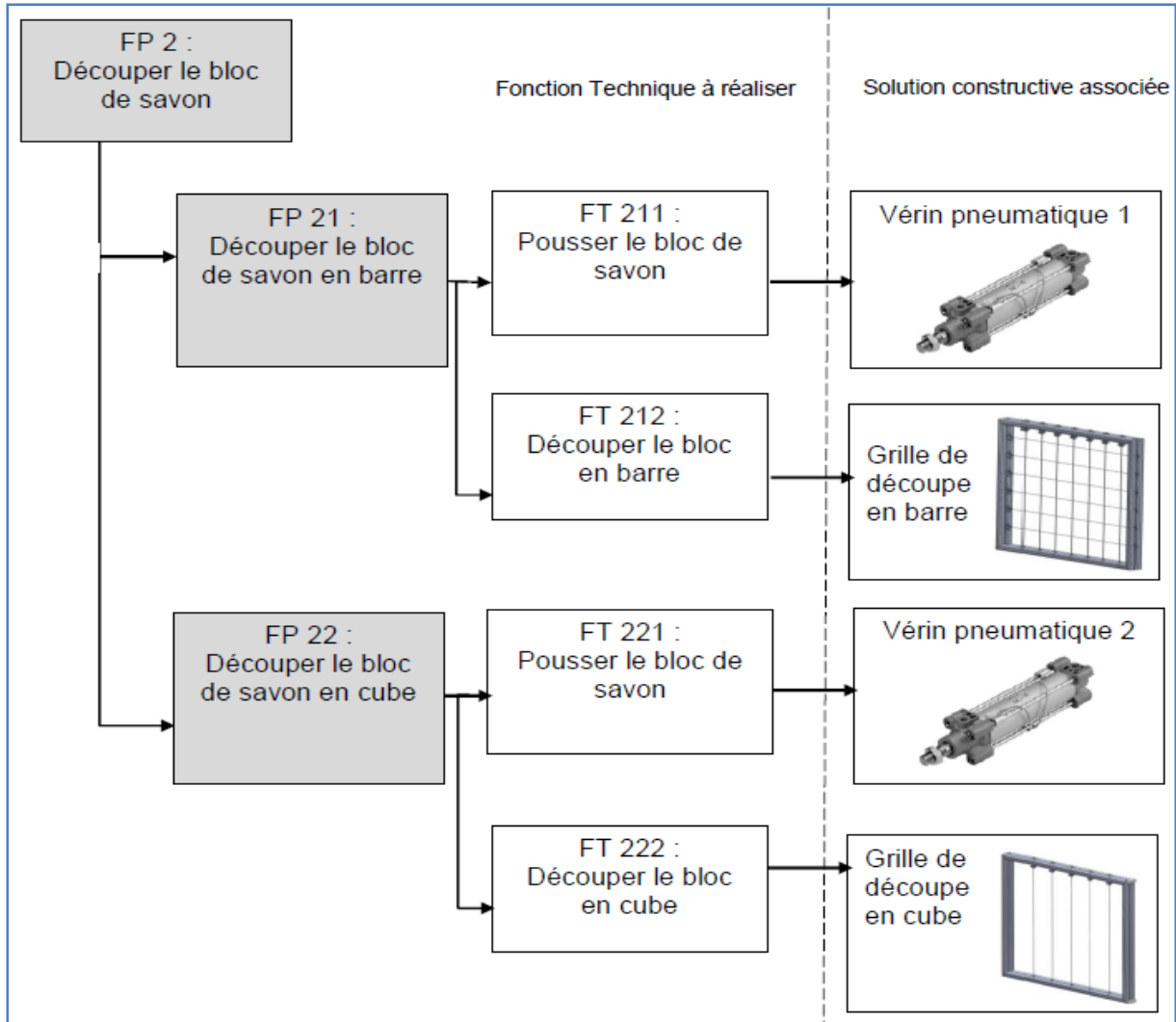
Présentation fonctionnelle de la nouvelle machine

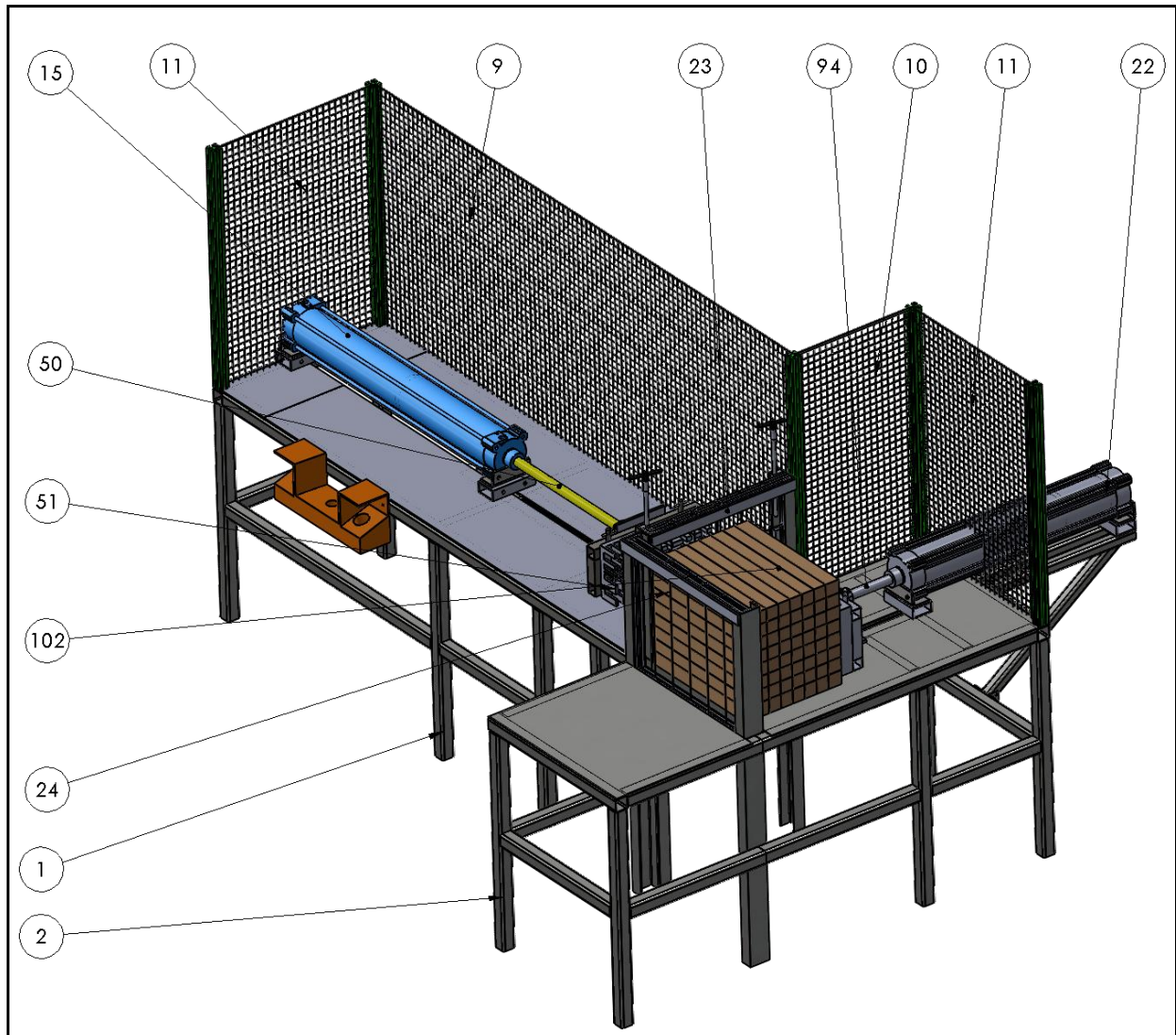
Le **diagramme des inter-acteurs** ci-dessous permet de cibler les fonctions principales ainsi que les fonctions contraintes associées.



Nom de la fonction	Formulation de la fonction
FP 1	Positionner le bloc de savon sur la ligne de découpe
FP 2	Découper le bloc de savon en cube
FC 1	Ergonomie du poste de travail
FC 2	Positionner la découpeuse dans l'atelier
FC 3	Alimenter en énergie pneumatique
FC 4	Alimenter en énergie électrique
FC 5	Respecter les normes de sécurité en vigueur

Le **diagramme FAST** ci-dessous permet d'identifier les solutions constructives associées aux fonctions techniques identifiées précédemment.





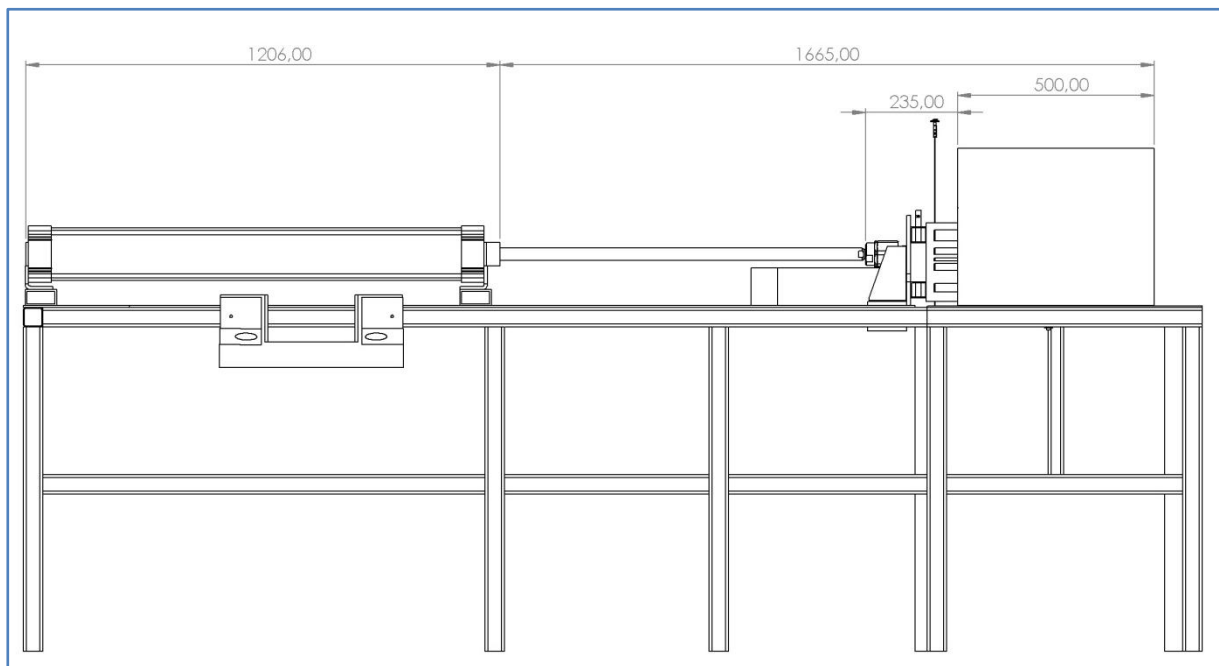
102	1	Bloc de savon	
94	1	Tige Vérin 02	
51	1	poussoir final 1	
50	1	Tige Vérin 01	
24	10	Fil de coupe	
23	1	cadre grille 2	
22	1	Corps vérin 2	
15	1	Corps Vérin 1	
11	2	grille arriere 3	
10	1	grille arriere 2	
9	1	grille arrière protection	
2	1	BATI arrivée savons	
1	1	BATI table découpe	
REP	NB	Désignation	Observation

Partie 1 : étude géométrique

Objectif : déterminer la course des vérins pneumatiques

Etude du vérin 1

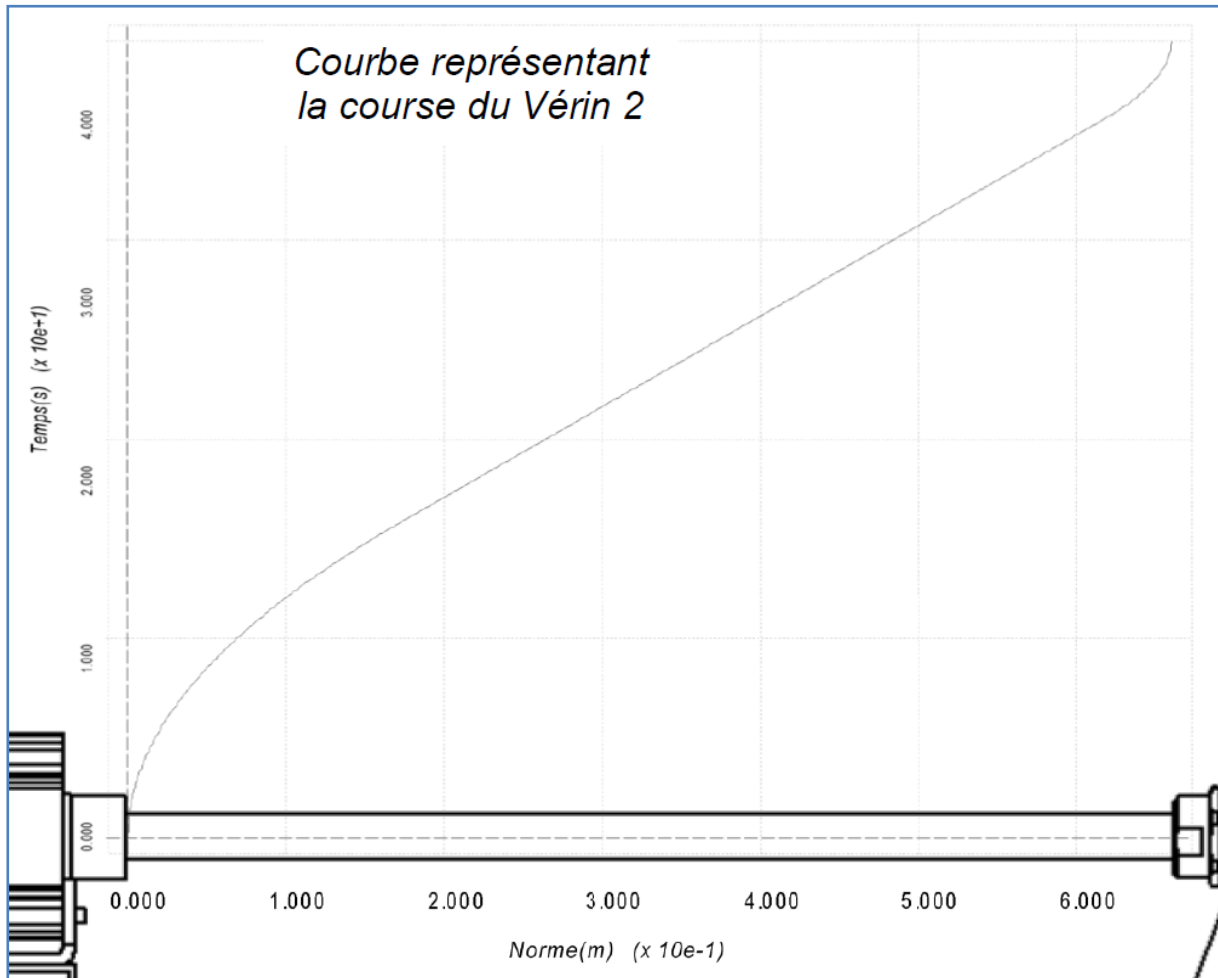
Le dessin ci-dessous montre le vérin 1 en position sortie.



Q1. Déterminer la course utile du vérin 1. Exprimer votre résultat en mm.

Etude du vérin 2

Q2. A partir de la courbe, page suivante, déterminer la course du vérin. Exprimer votre résultat en mm.



Partie 2 : étude cinématique

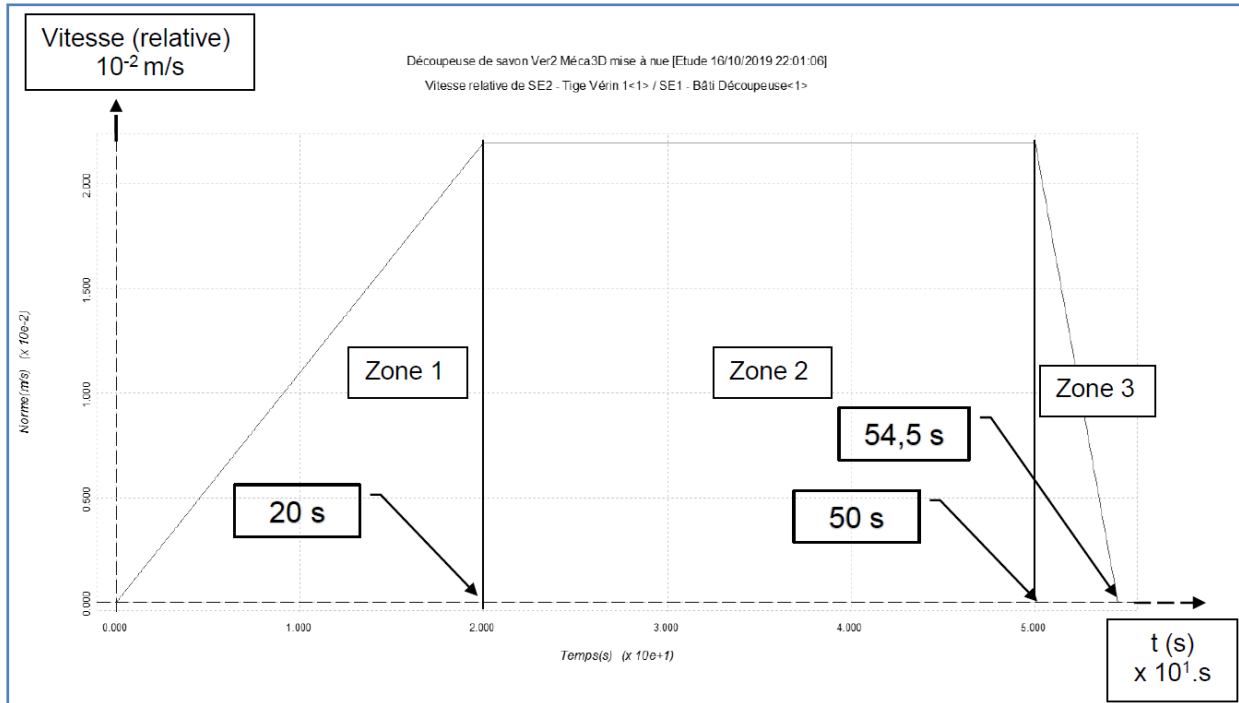
Objectif : vérifier que le savon est découpé à vitesse constante.

La tige de vérin, initialement à l'arrêt, arrive à la vitesse de 0,022 m/s après une phase d'accélération.

Rappel :

Mouvement de translation rectiligne uniformément varié	Mouvement de translation rectiligne uniforme
$a(t) = a_i$ $v(t) = a_i(t - t_{i-1}) + v_{i-1}$ $x(t) = \frac{1}{2} \cdot a_i(t - t_{i-1})^2 + v_{i-1}(t - t_{i-1}) + x_{i-1}$	$a(t) = 0$ $v(t) = v_i$ $x(t) = v_i(t - t_{i-1}) + x_{i-1}$

Le graphique ci-après montre l'évolution de la vitesse de la tige du **vérin 1** au cours du temps.

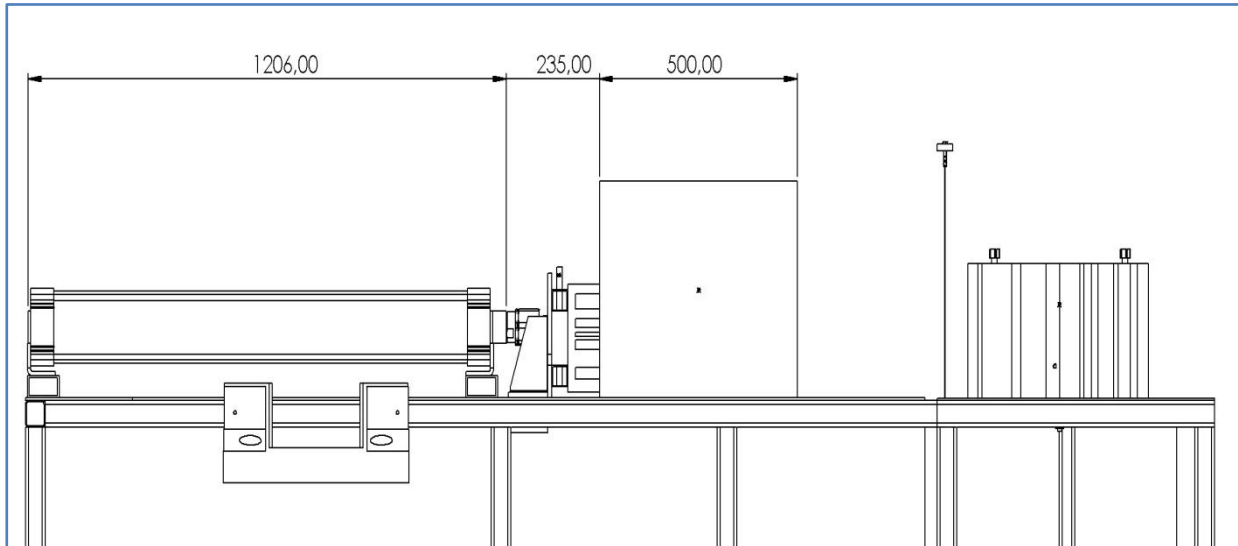


Q3. Pour chaque phase du mouvement, indiquer si la tige a un mouvement de translation rectiligne uniforme, uniformément accéléré ou uniformément décéléré et indiquer l'équation permettant de calculer la distance parcourue.

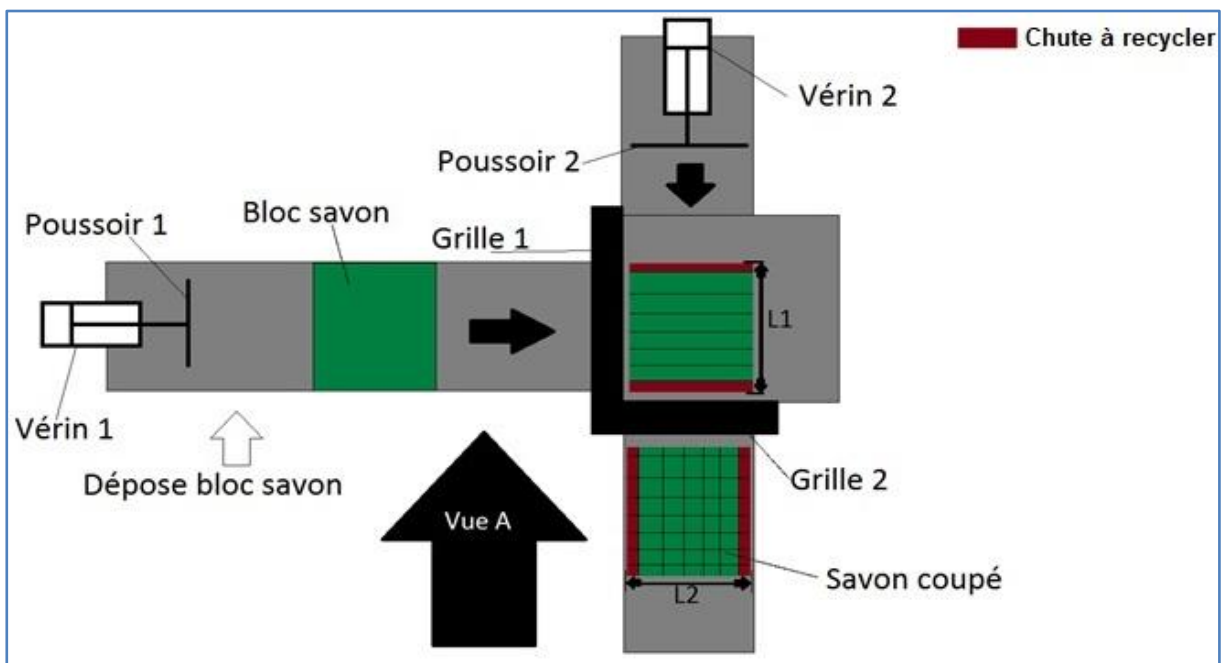
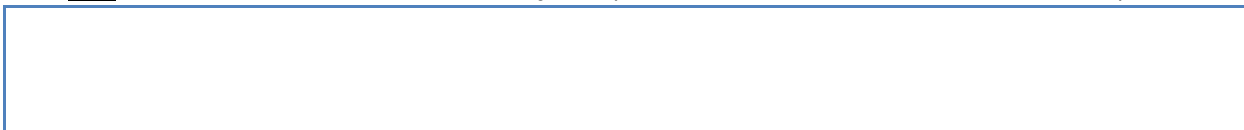
Zone de la courbe	Type de mouvement	Equation de la distance parcourue
Zone 1		
Zone 2		
Zone 3		

Q4. Calculer la distance parcourue lors de chaque phase du mouvement ainsi que la distance totale.

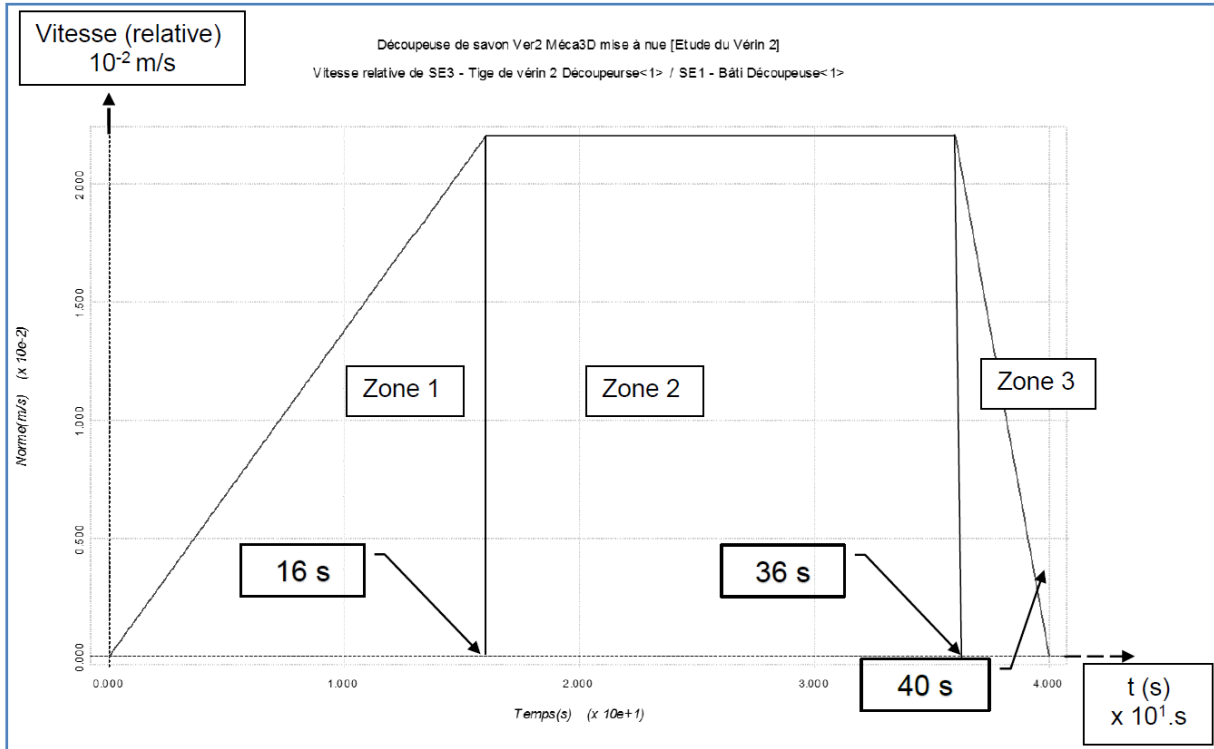
Q5. Déterminer l'échelle du dessin ci-dessous puis, tracer **en bleu**, la position du bloc de savon en fin de zone 1 et **en vert** en fin de zone 2.



Q6. Conclure sur la validation de l'objectif (découper le savon à vitesse constante)



Le graphique ci-après montre l'évolution de la vitesse de la tige du **vérin 2** au cours du temps.

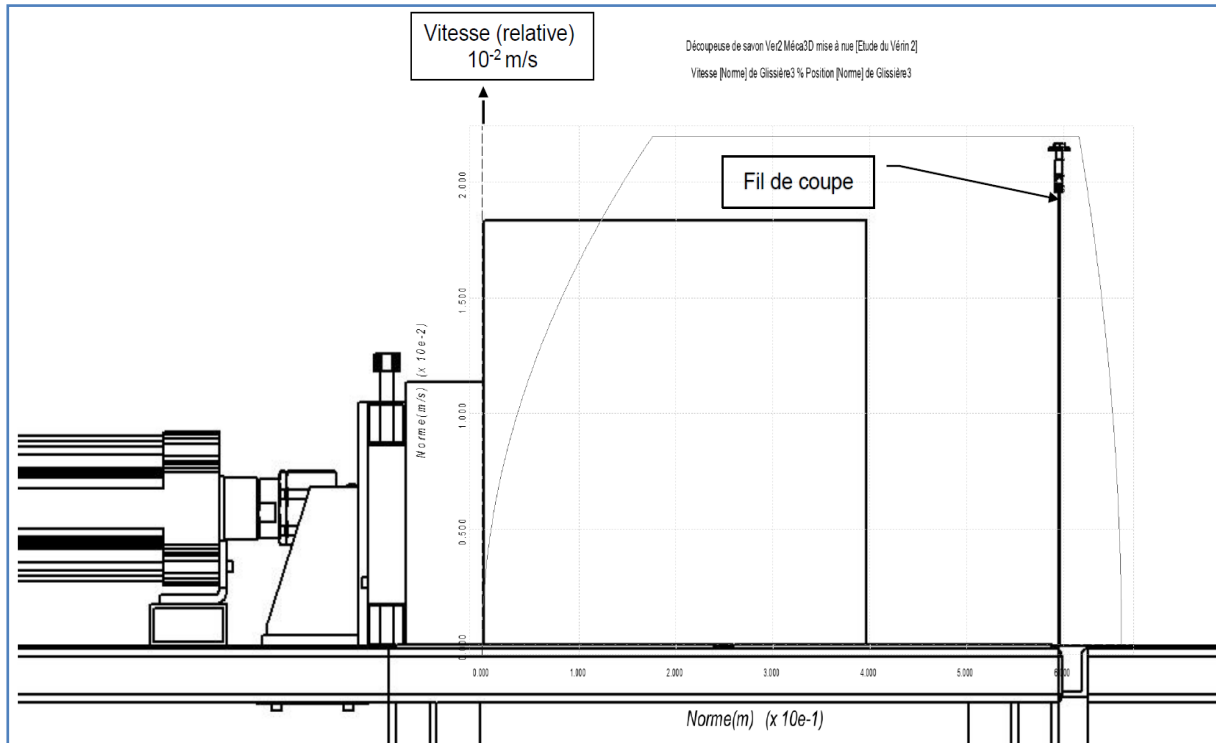


Q7. Pour chaque phase du mouvement, indiquer si la tige a un mouvement de translation rectiligne uniforme, uniformément accéléré ou uniformément décéléré et indiquer l'équation permettant de calculer la distance parcourue.

Zone de la courbe	Type de mouvement	Equation de la distance parcourue
Zone 1		
Zone 2		
Zone 3		

Q8. Calculer la distance parcourue lors de chaque phase du mouvement ainsi que la distance totale.

Q9. Déterminer les positions du bloc de savon au début et à la fin de la phase à vitesse constante, à l'aide de la courbe superposée sur la mise en plan de la machine à découper les savons.



Q10. Conclure sur la validation de l'objectif (découper le savon à vitesse constante)

Partie 3 : étude statique

Objectif : déterminer l'effort de poussée des vérins pour découper le savon

Données :

- Le bloc de savon a une masse de 80 kg
- L'accélération de la pesanteur est prise égale à 10 m/s^2
- Le coefficient de frottement est de 0,2 (donc l'angle du cône de frottement est de $11,31^\circ$)

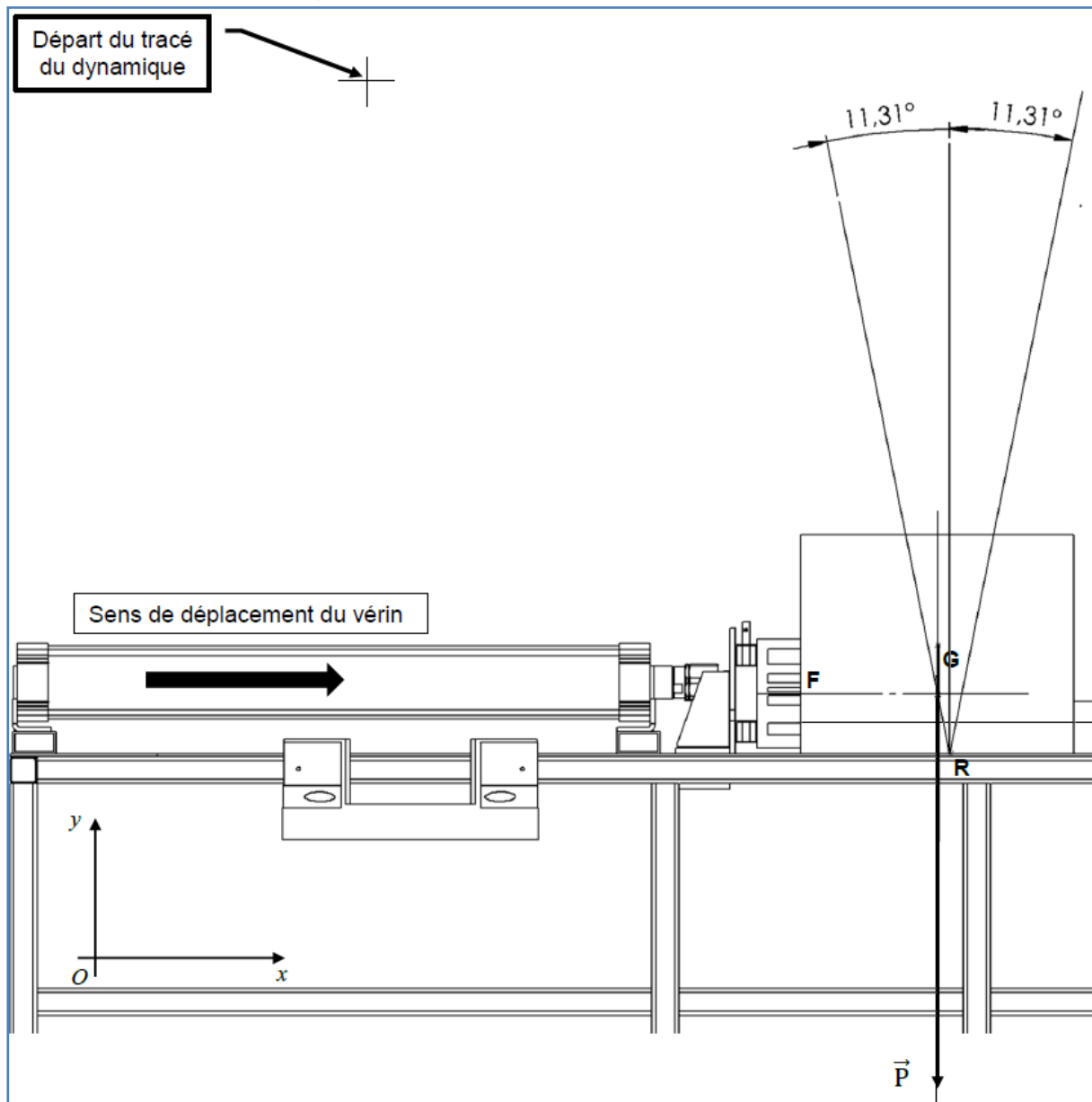
Q11. Isoler le cube et faire le bilan des actions mécaniques en complétant le tableau ci-après (Mettre des points ? pour les inconnues).

- Le point **G** représente l'origine du vecteur Poids
- Le point **F** représente l'origine du vecteur de Poussée du vérin

- Le point R représente l'origine du vecteur Réaction du plateau. Le coefficient de frottement est mis en place à partir de ce point.

Action	Point d'application	Droite d'action	Sens	Intensité en N
\vec{P}	G	verticale	↓	800 N

Q12. Faire la résolution graphique ci-dessous (choisir une échelle de représentation des vecteurs forces)



Q13. Compléter le tableau avec vos résultats :

Action	Point d'application	Droite d'action	Sens	Intensité en N
\vec{p}	G	verticale	↓	800 N

À l'aide d'un capteur de pression, une mesure a été effectuée lors du passage du bloc de savon sur la grille de découpe. L'essai a été réalisé dans les conditions les plus défavorables pour obtenir la valeur maximale.

Q14. Sachant que la surface concernée du bloc de savon est de 20 000 mm² (soit 10% de la surface totale du bloc de savon) et que la pression relevée est de 0,05 MPa, **calculer** l'effort de coupe engendré par la grille sur le bloc de savon :

Q15. **Calculer** l'effort total développé par le vérin sur le bloc de savon lors de sa coupe en tenant compte de l'effort de poussée + effort de coupe :

Q16. **Calculer** la pression d'utilisation en MPa sur le piston du vérin en sortie, sachant que son diamètre est de 125 mm :

Partie 4 : choix des vérins



Le bureau d'études s'est dirigé vers le fabricant de

vérin SMC.

Avec détecteur C96SD B 32 — 100

Détection intégrée ●

Montage ●

B Standard/sans fixation

Alésage ●

32	32 mm
40	40 mm
50	50 mm
63	63 mm
80	80 mm
100	100 mm
125	125 mm

Course (mm) ●

Vérin pneumatique à tirants normalisé selon ISO 15552.
Vérin double effet, simple tige

Série C96

ø32, ø40, ø50, ø63, ø80, ø100, ø125

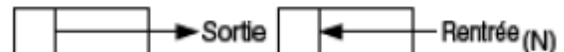


Le vérin retenu est un vérin pneumatique double effet simple tige de la série C96.

Caractéristiques

Alésage	ø32	ø40	ø50	ø63	ø80	ø100
Type	Double effet					
Fluide	Air					
Pression d'épreuve	1.5MPa					
Pression d'utilisation maxi	1.0MPa					
Pression d'utilisation mini	0.05MPa					
Température ambiante et du fluide	Sans aimant -10 à 70°C (sans eau)					
	Avec aimant -10 à 60°C (sans eau)					
Lubrification	Non requise (Sans lubrification)					
Vitesse de déplacement	50 à 1,000mm/s					
Tolérance sur la course	à 250: ${}^{+1.0}_0$, 251 à 1000: ${}^{+1.4}_0$, 1001 à 1500: ${}^{+1.8}_0$					
Amortissement	2 extrémités (Amortissement pneumatique)					

Effort théorique



Alésage (mm)	Diamètre de la tige (mm)	Mouvement	Surface du piston (mm ²)	Pression d'utilisation (MPa)								
				0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
32	12	Sortie	804	161	241	322	402	482	563	643	724	804
		Rentrée	691	138	207	276	346	415	484	553	622	691
40	16	Sortie	1257	251	377	503	629	754	880	1006	1131	1257
		Rentrée	1056	211	317	422	528	634	739	845	950	1056
50	20	Sortie	1963	393	589	785	982	1178	1374	1570	1767	1963
		Rentrée	1649	330	495	660	825	989	1154	1319	1484	1649
63	20	Sortie	3117	623	935	1247	1559	1870	2182	2494	2805	3117
		Rentrée	2803	561	841	1121	1402	1682	1962	2242	2523	2803
80	25	Sortie	5027	1005	1508	2011	2514	3016	3519	4022	4524	5027
		Rentrée	4536	907	1361	1814	2268	2722	3175	3629	4082	4536
100	25	Sortie	7854	1571	2356	3142	3927	4712	5498	6283	7068	7854
		Rentrée	7363	1473	2209	2945	3682	4418	5154	5890	6627	7363
125	32	Sortie	12272	2454	3682	4909	6136	7363	8590	9817	11045	12272
		Rentrée	11468	2294	3440	4587	5734	6881	8027	9174	10321	11468

Q17. Compléter le tableau récapitulatif des caractéristiques calculées en vue du choix des vérins pour un diamètre de piston de 125 mm. Les dimensions seront en mm, N et MPa.

	Alésage	Course calculée en mm	Course réelle en mm	Effort calculé en N	Effort théorique minimal en N	Pression d'utilisation En MPa	Pression d'utilisation maximale En MPa
Vérin 1	Ø 125						
Vérin 2	Ø 125						

Alésage	32	40	50	63	80	100	125	160
50	C06SDB32-50	C06SDB40-50	C06SDB50-50	C06SDB63-50				
80	C06SDB32-80	C06SDB40-80	C06SDB50-80	C06SDB63-80	C06SDB80-80	C06SDB100-80	C06SDB125-80	
100	C06SDB32-100	C06SDB40-100	C06SDB50-100	C06SDB63-100	C06SDB80-100	C06SDB100-100	C06SDB125-100	C06SDB160-100
125	C06SDB32-125	C06SDB40-125	C06SDB50-125	C06SDB63-125	C06SDB80-125	C06SDB100-125	C06SDB125-125	C06SDB160-125
160	C06SDB32-160	C06SDB40-160	C06SDB50-160	C06SDB63-160	C06SDB80-160	C06SDB100-160	C06SDB125-160	C06SDB160-160
200	C06SDB32-200	C06SDB40-200	C06SDB50-200	C06SDB63-200	C06SDB80-200	C06SDB100-200	C06SDB125-200	C06SDB160-200
250	C06SDB32-250	C06SDB40-250	C06SDB50-250	C06SDB63-250	C06SDB80-250	C06SDB100-250	C06SDB125-250	C06SDB160-250
320	C06SDB32-320	C06SDB40-320	C06SDB50-320	C06SDB63-320	C06SDB80-320	C06SDB100-320	C06SDB125-320	C06SDB160-320
400	C06SDB32-400	C06SDB40-400	C06SDB50-400	C06SDB63-400	C06SDB80-400	C06SDB100-400	C06SDB125-400	C06SDB160-400
500	C06SDB32-500	C06SDB40-500	C06SDB50-500	C06SDB63-500	C06SDB80-500	C06SDB100-500	C06SDB125-500	C06SDB160-500
630			C06SDB50-630	C06SDB63-630	C06SDB80-630	C06SDB100-630	C06SDB125-630	C06SDB160-630
800						C06SDB100-800	C06SDB125-800	C06SDB160-800
1000						C06SDB100-1000	C06SDB125-1000	C06SDB160-1000

Q18. Conclure sur la pression d'utilisation du réseau pneumatique de l'entreprise.

Q19. Déterminer la référence du vérin 1

Question n° 19 : Déterminer la référence du vérin 2 :

Partie 5 : étude de la résistance des fils de coupe

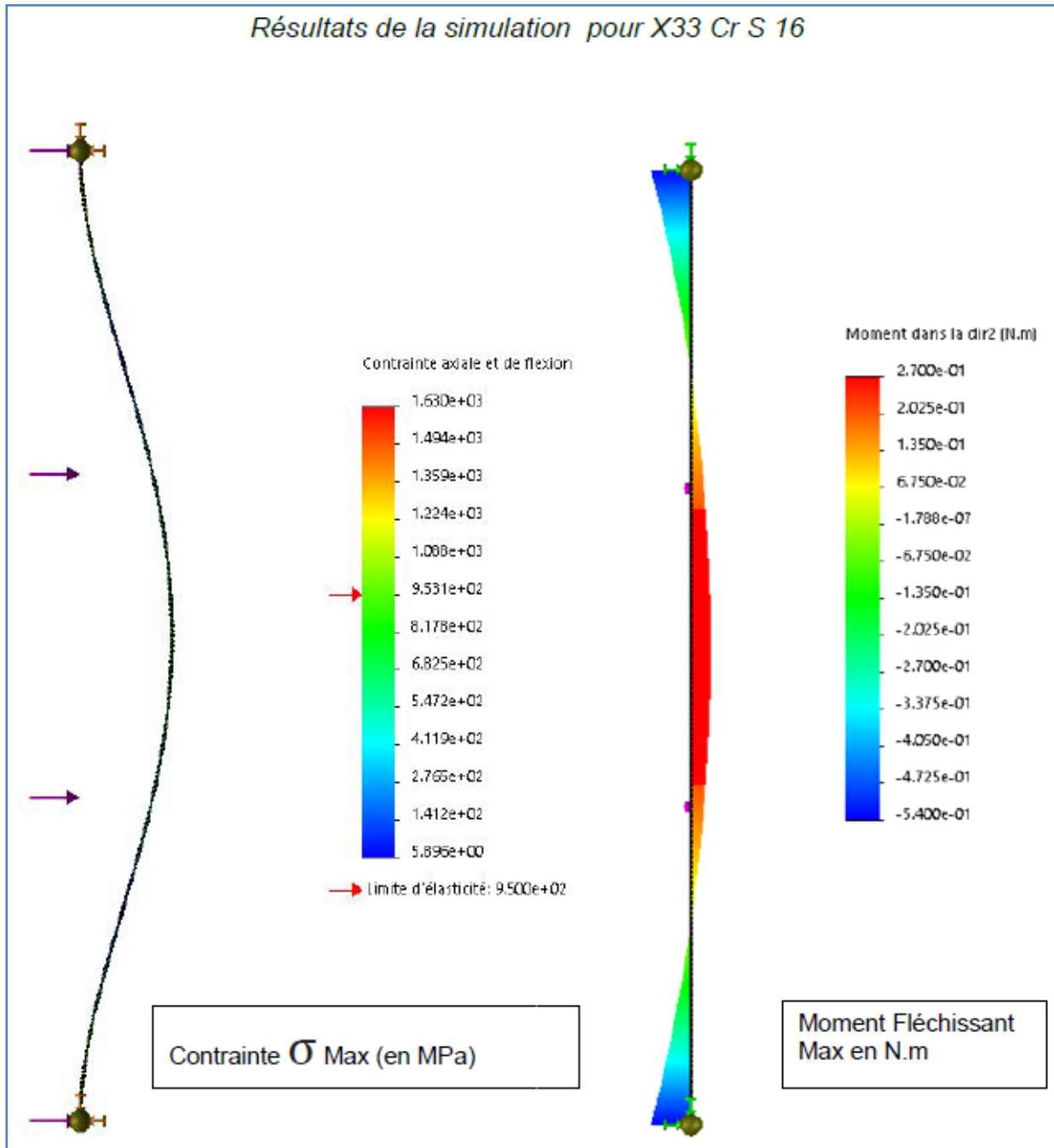
Objectif : vérifier que des fils de coupe de diamètre 1,5 mm sont suffisamment résistants.

- Des essais ont démontré que l'action de couper le savon génère une charge répartie de 32 N par fil.
- Chaque fil a une longueur de 490 mm.
- Le choix de la composition des fils de coupe se porte sur 3 matériaux différents ayant chacun leurs caractéristiques.
- Une simulation de condition de résistance a été effectuée pour aider le bureau d'études à choisir le matériau optimal pour ce fil de coupe.

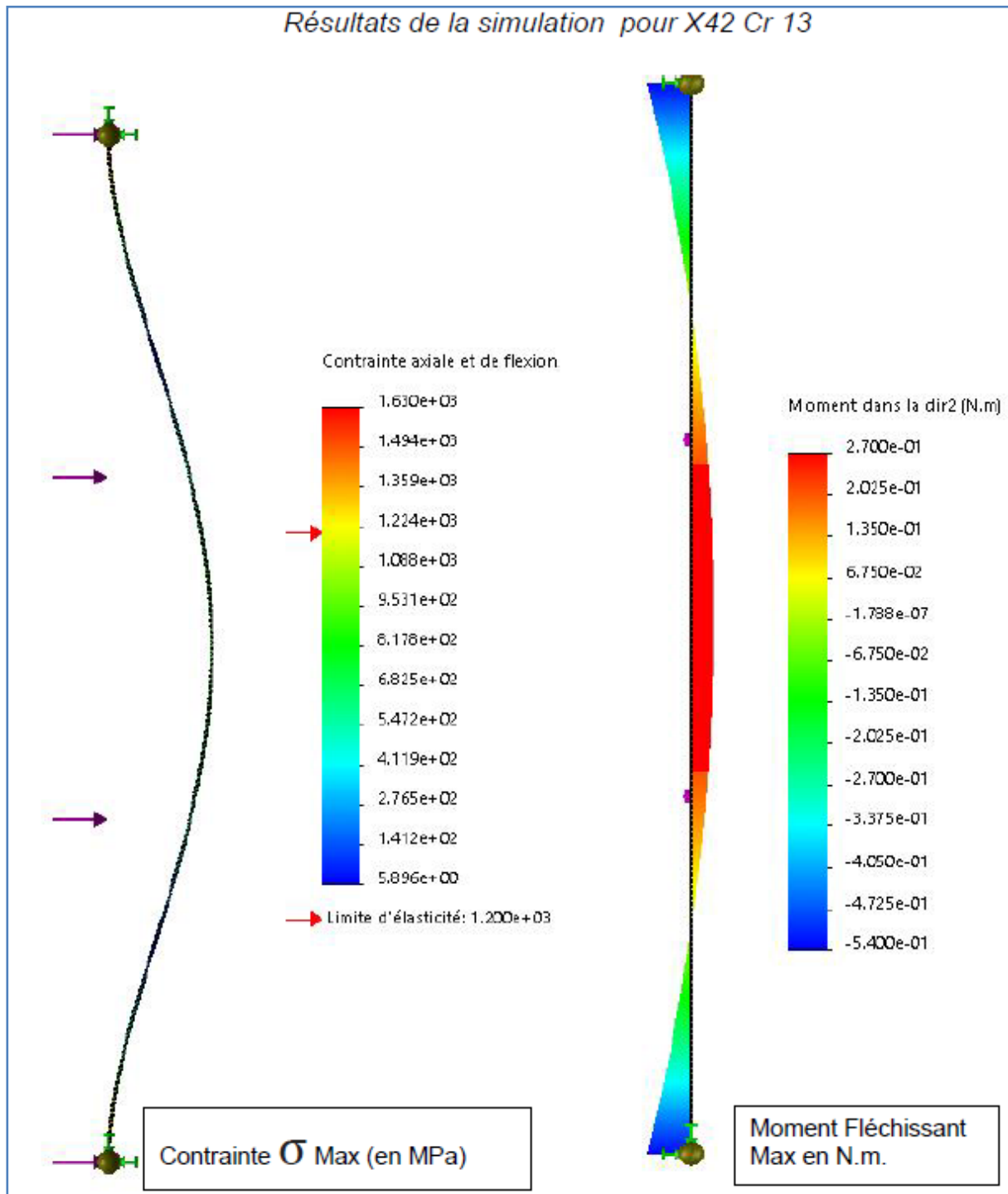


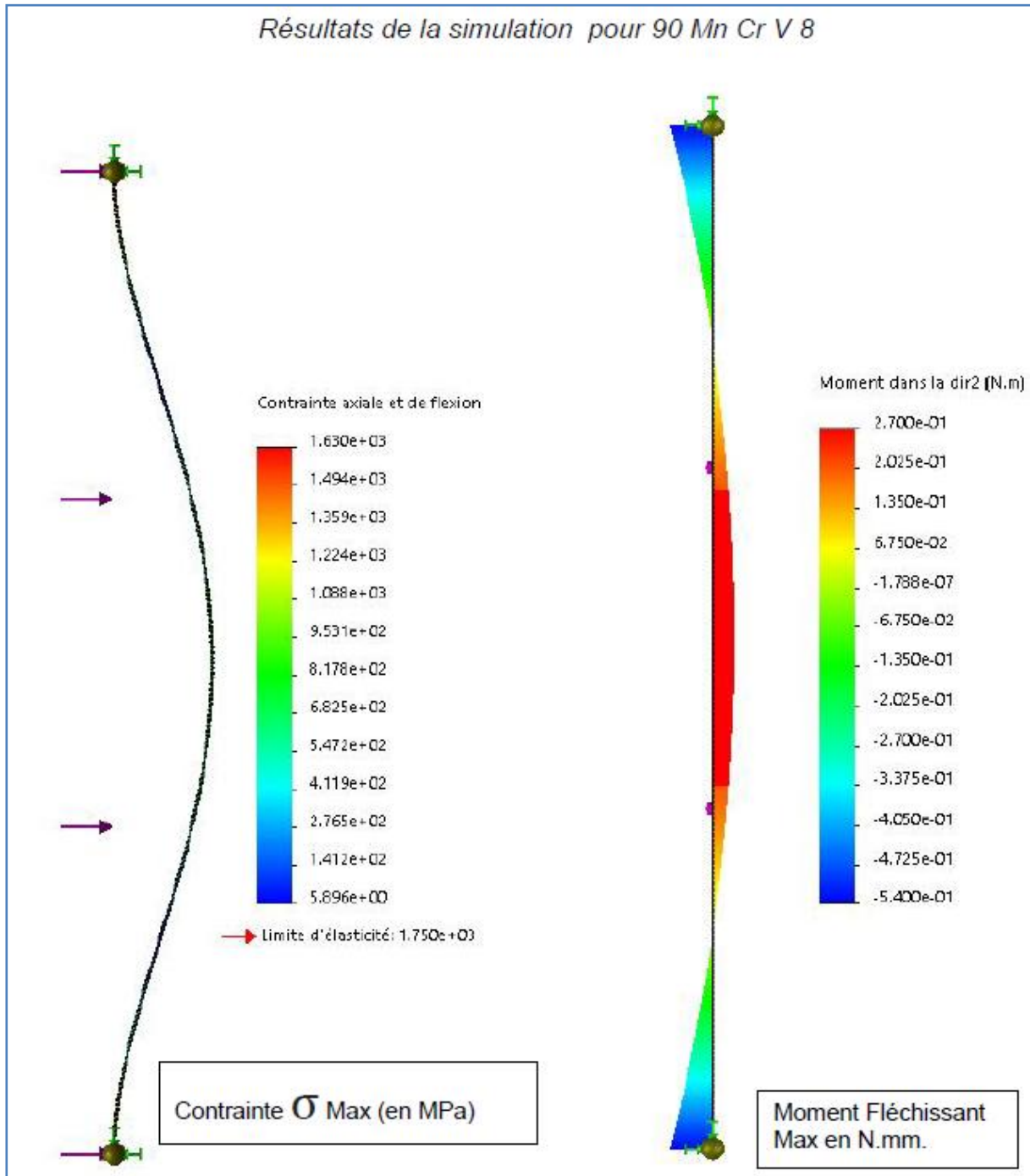
	Désignation	Caractéristiques
Fil n°1	X33 CrS16	Acier pour moulage de matières plastiques traité, résistant à la corrosion, magnétisable, bonne usinabilité. Résistant contre les plastiques agressifs et les conditions climatiques humides
Fil n°2	X42 Cr13	Acier au chrome martensitique inoxydable, <ul style="list-style-type: none"> ➤ Bonne résistance à la corrosion ➤ Haute résistance à l'usure
Fil n°3	90 Mn CrV8	Cet acier, pour travail à froid, est moyennement allié et utilisé pour outils de coupe et de poinçonnage : <ul style="list-style-type: none"> • haute acceptation de trempe. • haute stabilité dimensionnelle.

Résultats de la simulation pour X33 Cr S 16



Résultats de la simulation pour X42 Cr 13





Q20. Compléter le tableau de décision ci-dessous :

Le coefficient de sécurité (s) est de 1 ($s=1$).

On rappelle que $R_{pe} = R_e/s$ et $\sigma \leq R_{pe}$ Condition à respecter pour un calcul dans le domaine élastique.

Attention aux unités des simulations par rapport à ceux du tableau.

	X33 CrS16	X42 Cr13	90 MnCr V8
<i>Limite élastique (Re) en MPa</i>	950		
<i>Résistance pratique élastique (Rpe) en MPa</i>			
<i>Contrainte σ_{Max} en MPa</i>	1630		
<i>Moment Fléchissant Max (Mf maxi) en N.mm.</i>			

Q21. D'après la synthèse des résultats dans le tableau, quel sera le matériau choisi ?

Q22. Calculer le diamètre du fil et **conclure** par rapport au cahier des charges.

On rappelle que $\sigma = \frac{Mf \text{ maxi}}{\frac{I_{gz}}{V}} \leq Rpe$ avec : $I_{gz} = \frac{\pi \cdot D^4}{64}$ et $V = \frac{D}{2}$